

Литература:

1. Балдина Е. А. Картографирование тепловых аномалий Москвы по разносезонным тепловым снимкам/Е. А. Балдина, М. Ю. Грищенко//Геозоологические проблемы Новой Москвы. — М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. — С. 70–76.
2. Бухаров М. В. Мониторинг осадков осеннего периода по измерениям уходящего теплового излучения Земли со спутника NOAA/М. В. Бухаров, В. И. Соловьев//Исследования Земли из космоса, 2004. — № 5. — С. 51–57.
3. Вилор Н. В. Динамика уходящего инфракрасного излучения элементов геологической структуры земной поверхности по данным съёмки со спутников NOAA и Terra/Н. В. Вилор, В. А. Русанов, Д. Ю. Шарпинский//Исследования Земли из космоса, 2009. — № 3. — С. 3–15.
4. Грищенко М. Ю. Применение тепловых инфракрасных космических снимков для картографирования структурных особенностей местности (на примере кальдеры вулкана Головинина)/М. Ю. Грищенко//Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы V Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 19–22 сентября 2013 г.). — Воронеж: Цифровая полиграфия, 2013. — С. 45–53.
5. Книжников Ю. Ф. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений/Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова. — М., Изд-во Моск. ун-та, 1991. — 206 с.
6. Лихачева Э. А. Геоморфологические проблемы освоения территории Новой Москвы/Э. А. Лихачева, Л. А. Некрасова//Геозоологические проблемы Новой Москвы. — Медиа-ПРЕСС Москва, 2013. — С. 70–76.
7. Махрова А. Г. Новая Москва в контексте развития Московской агломерации/А. Г. Махрова, Т. Г. Нефёдова, А. И. Трейвиш//Геозоологические проблемы Новой Москвы. — Медиа-ПРЕСС Москва, 2013. — С. 76–83.
8. Новиненко Е. Г. Пространственно-временная изменчивость температуры поверхности Охотского моря по спутниковым данным/Е. Г. Новиненко, Г. В. Шевченко//Исследование Земли из космоса, 2007. — № 5. — С. 50–60.
9. Новая Москва [Электронный ресурс]//Режим доступа: <http://newmos.info/> (дата обращения: 12.02.2014).
10. Николаев В. А. Ландшафтоведение. Семинарские и практические занятия/В. А. Николаев. — М.: Географический факультет МГУ, 2006 — 208 с.
11. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2012 году: информационный выпуск/Министерство экологии и природопользования Московской области. Красногорск, 2013 — 260 с.
12. Voogt J. A. Thermal remote sensing of urban climates/J. A. Voogt, T. R. Oke//Remote Sensing of Environment, 2003. — № 86. — P. 370–384.

УДК 910.27

О. Д. Васильев, Д. С. Барышников, А. С. Репина, А. А. Сучилин

МГУ им. М. В. Ломоносова, географический факультет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ-ГЕОГРАФОВ

В статье освещены основные методики использования ГНСС и ГИС-технологий в образовательном процессе для подготовки специалистов-географов. Приведены примеры использования студентами мобильных высокоточных комплексов ГНСС (ГЛОНАСС/GPS) в полевых условиях, включая методику одновременных измерений на различных участках, их анализа и уравнивания. Показана взаимосвязь накопленных результатов наблюдений с геоинформационными системами в различных географических исследованиях. Цель статьи — опыт внедрения в учебный процесс на географическом факультете МГУ современных достижений науки и техники.

Ключевые слова: география, ГНСС, ГИС, ЦМР, образование

О. Д. Васильєв, Д. С. Барышніков, Г. С. Рєпіна, О. О. Сучілін

ВИКОРИСТАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ НАВИГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ТА ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ПІДГОТОВЦІ СТУДЕНТІВ-ГЕОГРАФІВ

У статті висвітлено основні методики використання ГНСС та ГІС-технологій в освітньому процесі для підготовки фахівців-географів. Наведено приклади використання студентами мобільних високоточних комплексів ГНСС (ГЛОНАСС/GPS) в польових умовах, включаючи методику одночасних вимірювань на різних ділянках, їх аналізу і вирівнювання. Показано взаємозв'язок накопичених результатів спостережень з геоінформаційними системами в різних географічних дослідженнях. Мета статті — досвід впровадження в навчальний процес на географічному факультеті МДУ сучасних досягнень науки і техніки.

Ключові слова: географія, ГНСС, ГІС, ЦМР, освіта

O. D. Vasiliev, D. S. Baryshnikov, A. S. Repina, A. A. Suchilin

USING GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS AND GIS FOR GEOGRAPHY STUDENTS TRAINING

The article covers the base methods of using GNSS and GIS technologies in educational process for training of geography students. The examples of using GNSS complexes of high accuracy by the students during the field practice are given, including methods of simultaneous measurements at different plots, their analysis, and equalization. The relation between the field data and GIS in diverse geographic researches is shown. The aim of this article is to show the experience of implementation of modern scientific and technological achievements into the educational process on the Faculty of Geography at MSU.

Keywords: geography, GNSS, GIS, DEM, education.

Введение. В настоящее время география переживает бурный подъём, которого не было за последние десятилетия существования науки. Появляются новые технологии и средства проведения географических и геодезических изысканий. Всё это заставляет географов по-новому смотреть на происходящее и использовать новые технологии. Одной из таких технологий является развитие отрасли глобального навигационного позиционирования — определение географических координат с помощью спутников и специального оборудования для проведения различных работ. Современные спутниковые технологии позволяют получать высокоточные координаты с точностью до нескольких миллиметров, не прибегая к продолжительным измерениям и многочисленным вычислениям. Внедрение подобных технологий в образовательный процесс подготовки специалистов представляет собой новую задачу, стоящую перед профессиональным сообществом. На географическом факультете МГУ подобная задача решена усилиями многих географов и картографов.

Исходные предпосылки. Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова образован в 1938 году и является крупнейшим в мире педагогическим, научным и студенческим коллективом географов. Возглавляет факультет академик РАН, профессор Николай Сергеевич Касимов. Факультет состоит из 15 кафедр, каждая из которых занимается отдельными отраслями географии. Одна из них — кафедра картографии и геоинформатики, недавно отметившая свой 80-летний юбилей.

Теоретические знания, полученные студентами на лекционных курсах, необходимо закрепить практическими навыками, именно поэтому большую роль в учебном процессе играют летние полевые практики студентов, средняя продолжительность которых на всех курсах составляет два месяца. Для проведения полевых практик создана и поддерживается сеть учебно-научных баз (УНБ) и станций (УНС), охватывающих все разнообразие ландшафтных условий — от Кольского полуострова (Хибинские тундры) до равнин Центральной России и кавказских высокогорий (Баксанское ущелье).

Отдельный интерес представляет одна из таких станций — Сатинская УНБ, которая была образована в 1968 году. Сатинская УНБ — знаковое место для каждого географа МГУ. Именно здесь проходит комплексная общегеографическая практика студентов I курса, где молодые географы знакомятся с проведениями полевых работ, получают первые навыки для своей будущей профессиональной деятельности.

Сатинская УНБ располагается в юго-западном Подмоскovie на границе Калужской и Московской областей (пограничные участки Боровского и Нарофоминского районов), в 8 км к западу от г. Боровска и в 100 км к юго-западу от Москвы.

Учебный полигон (Рис. 1) находится в бассейне реки Протвы, приуроченного к юго-восточной окраине Смоленско-Московской возвышенности, при её переходе к Угорско-Протвинской низине и представляет собой один из типичных участков юга Нечернозёмной полосы России, для которой характерны пологоволнистые и плоские вторичные моренные равнины с развитой долинно-балочной сетью, приходится на южную часть лесной зоны, где распространены смешанные хвойно-широколиственные, а также вторичные мелколиственные леса [1].



Рис. 1. Долина реки Протвы (северо-западная часть полигона)

Сатинский полигон занимает площадь в 20 кв.км. Наиболее возвышенная часть территории (до 208 м абс. высоты) — юго-восточная, относящаяся к северному склону Боровско-Малоярославецкой возвышенности. Относительно пониженные части, центральная и северо-восточная, занятые долиной реки Протвы и её крупного левого притока реки Исьмы (абс. высоты днища долины 136 — 140 м.). [1]

Комплексная практика включает в себя семь тематических практик, одна из них топографическая, где студенты приобретают основные навыки проведения полевых исследований от элементарных до фундаментальных работ с привлечением высокотехнологического оборудования. Значение топографической практики трудно переоценить, так как вся дальнейшая исследовательская и научная деятельность студентов, независимо от выбранной географической специальности, в любом случае предполагает работу с картографическим материалом (картами, планами, снимками и т. п.).

Формулирование целей исследования, постановка задач. Одна из целей этой практики состоит

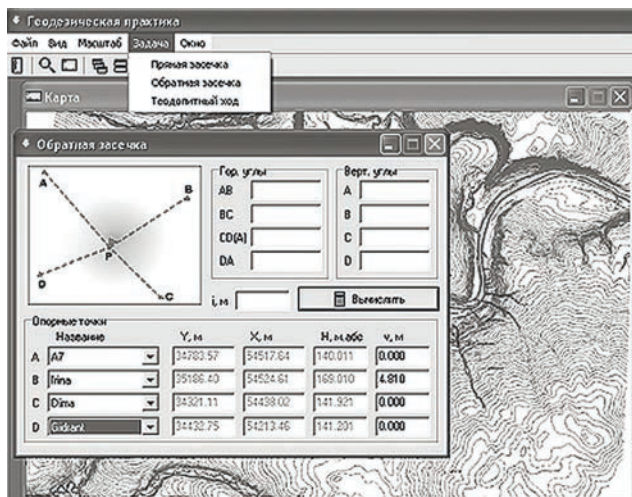


Рис. 3. Интерфейс программного продукта Practice.

Помимо этого, на кафедре для обеспечения практик и географических исследований на территорию полигона создана локальная ГИС «Сатино», доступ к которой имеют все студенты и преподаватели. Основное назначение ГИС — сбор и хранение географических данных, их анализ (расчет площадей, профилей, построение поверхности, пространственные операции и т. п.), вывод результатов в виде карт и таблиц (рис. 4). ГИС разработана в среде «MapInfo» и имеет следующую архитектуру:

Базовые слои:

- опорная геодезическая сеть;
- рельеф (горизонталы, сечение 1 м.);
- гидрология (реки, ручьи, озера и пруды, ключи и болота);
- границы лесной растительности;
- населенные пункты и их границы;
- транспортная сеть.

Тематические слои:

- геоморфология;
- четвертичные отложения;
- скважины (точки) геоморфологического бурения;
- гидрология;
- микроклимат;
- флора и фауна;
- использование земель;
- почвы;
- ландшафты;
- кадастр;
- топонимы.

Производные слои:

- цифровая модель рельефа (ЦМР);
- экспозиция склонов и углов наклона.

Отдельным блоком представлены аэрокосмические материалы.

Все слои ГИС «Сатино» согласованы между собой и созданы коллективом соответствующих специалистов факультета, под общим руководством профессора И.К. Лурье. Кроме того, сегодня студенты имеют возможность обращаться к интернет сервису WEB версии ГИС «Сатино», размещенной на геопортале компании «Дата +» [2].

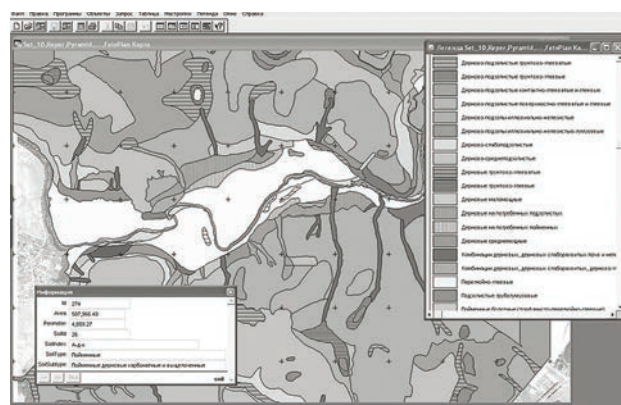


Рис. 4. Фрагмент компьютерной карты четвертичных отложений ГИС «Сатино».

В начале нынешнего столетия, кафедра приняла решение обновить парк геодезических приборов для топографической практики, включая новые комплексы высокоточного измерения координат с применением ГНСС, внедрении основ работы на современном оборудовании в программу топографической практики с целью обучения студентов современным средствам сбора геопространственных данных и последующих их обработок для создания карт и планов с помощью ГИС-технологий.

Обновление приборного парка кафедры шло поэтапно, наряду с новыми оптическими теодолитами «4 Т30 П», оптическими нивелирами «Runner-24» и другими инструментами, были закуплены персональные кодовые навигаторы «Garmin» и профессиональная геодезическая аппаратура для проведения высокоточных фазовых измерений «LeicaSmartStation System 1200». Подобный комплект позволяет принимать сигналы как отечественной системы ГЛОНАСС, так и американской GPS с возможностью активации приёма сигналов европейской группировки Galileo, которая развёртывается на космических орбитах в настоящее время.

Комплекс предназначен для создания плано-высотного обоснования (ПВО) участка исследований, контроль и сгущение геодезической сети полигона, проведения топографической и кадастровой съемок, профилирования, вынос точек в натуру, мониторинга объектов и решения других прикладных задач.

Комплекс включает в себя:

- базовая станция «GPS/ГЛОНАСС», антенна «AX1202GG» и приемник «GX1230GG»;
- мобильный комплекс «GPS/ГЛОНАСС», антенна «ATX1230GG», приемник «RX1250GG»;
- программное обеспечение «LeicaGeoOffice» (LGO) — создание проектов, визуализация, обработка и уравнивание измерений, трансформирование координат, построение поверхностей, импорт и экспорт данных измерений, собранных с помощью приемников GNSS;
- электронный тахеометр «Leica TPS1200»;
- штатив, вежа, отражатель, аксессуары.

Универсальность комплекса заключается в едином управлении и формате обмена данными измерений

между различными приборами «Leica», единым программным обеспечением, работающим в режиме постобработки или в режиме реального времени (RTK). Иными словами, созданный в LGO один и тот же проект может совместно использоваться спутниковыми приемниками и тахеометрами, как по отдельности, так и одновременно. При одновременной работе приборов, достаточно активировать базовую станцию с радиомодемом (или GSM-модемом) на точке с известными координатами, а это может быть знак геодезической сети полигона, выйти на любую точку участка исследований с комплексом «SmartStation» (тахеометр серии «TPS1200» с интегрированной спутниковой антенной «ATX1230GG») и просто начать измерения. Параллельно, в этот же период времени, другой участник исследований, может проводить измерения мобильным комплексом на соседнем участке в режиме RTK, или с последующей постобработкой, после чего результаты можно объединить в едином проекте. Предусмотрен экспорт/импорт в международный формат обмена данными «Rinex», в случае использования приборов ГНСС других производителей [3].

Например, летом 2008 года аспиранты и студенты старших курсов факультета, под руководством доцента А.В. Панина, оснащенные базовой станцией и комплексом «SmartStation», принимали участие в археологической экспедиции изучения развалин древнейгурской крепости «Пор-Бажын». Экспедиция была организована Культурным Фондом «Крепость Пор-Бажын», в рамках деятельности Российского фонда фундаментальных исследований. Крепость находится на острове в центре озера Тере-Холь, на высоте 1300 м, юго-восток республики Тыва. Результаты экспедиции опубликованы в научных журналах [4].

В 2011 году кафедра приобрела базовую референц — станцию с контроллером и несколько мобильных комплексов нового поколения «Viva». Тандем базовая станция — мобильный комплекс позволяет оперативно получать численные характеристики географических объектов с миллиметровой точностью, вне зависимости от тематики исследований, в радиусе 50 км от базовой станции (Рис. 5) в режиме RTK или до 80 км. в режиме постобработки.

Летом 2012 года на территории УНБ «Сатино» была установлена на пилоне широкополосная антенна «LeicaAR-10 GNSS» принимающая сигналы спутниковых группировок GPS/ГЛОНАСС в точке с наибольшим обзором небесной сферы, угол отсечки составляет 15 градусов. Базовая референц-станция состоит из антенны «LeicaAR-10 GNSS» и контроллера «Leica GR-10 GNSS», позволяющая одновременно получать и хранить на внешних устройствах памяти данные 60 спутников при двух частотном режиме работы.

Мобильный комплекс «Viva» состоит из антенны «Leica GS08 GNSS» и приемника «Leica CS-10», закрепленных на вехе (рис. 6).



Рис. 5. Схема зоны охвата прилегающей территории базовой станции УНБ «Сатино»



Рис. 6. Мобильный комплекс Viva

Базовая станция управляется программой «Leica Spider GNSS», предназначенной для приема и распространения данных ГНСС через стандартный WEB-браузер всем заинтересованным пользователям в различных форматах обмена геопространственными данными (рис. 7).

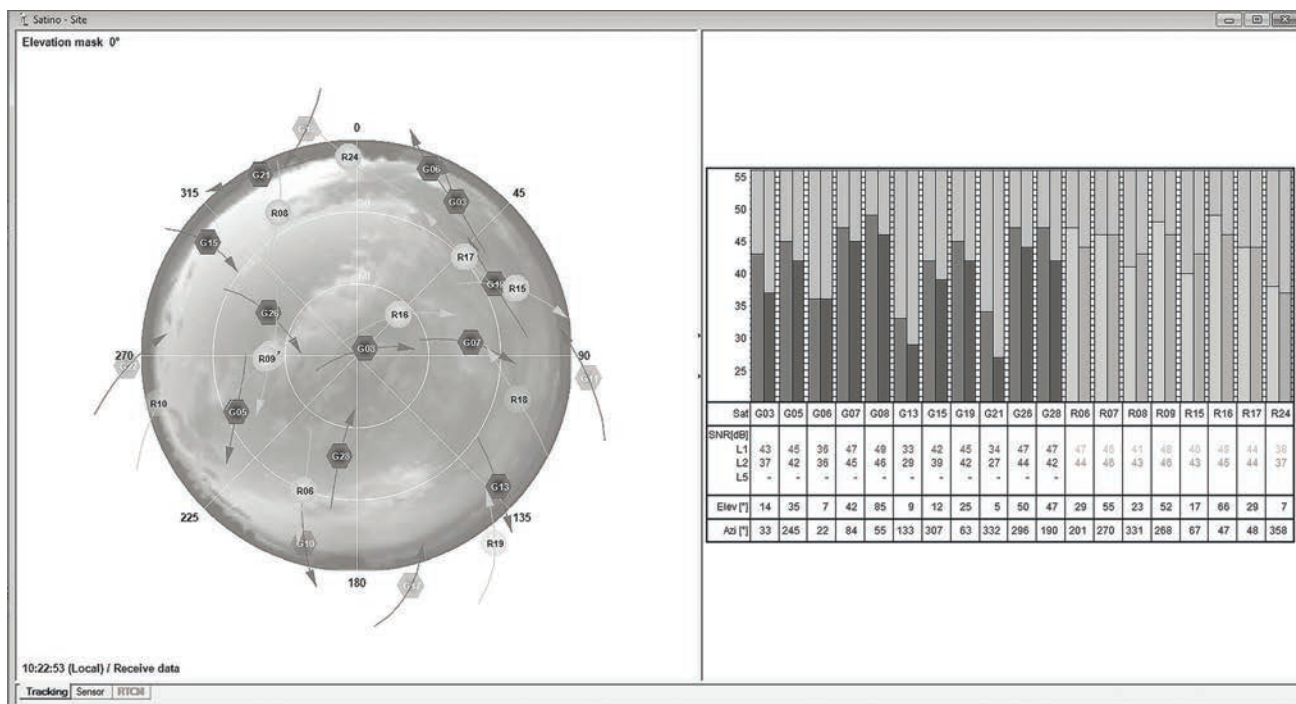


Рис. 7. Інтерфейс програми Spider

Спутники группировок GPS/ГЛОНАСС над базовой станцией УНБ «Сатино».

В режиме RTK мобильный комплекс принимает сигналы как со спутников, так и поправки, которые вычисляются и ретранслируются базовой станцией через радио-модем. Контроллер мобильного комплекса, принимая поправки, автоматически использует их для уточнения координат, полученных через спутники. Таким образом, прямо в поле можно получать высокоточные планово-высотные координаты пунктов.

В режиме постобработки происходит следующее. Базовая станция непрерывно производит измерения и записывает их в память компьютера, мобильный комплекс работает независимо от базовой станции, поэтому непосредственно во время измерений мы получаем лишь примерные координаты, имеющие отклонения от истинных под влиянием различных факторов. Длительность измерения на точке должна быть довольно долгой, это необходимо для разрешения неоднозначности фазовых измерений и для ослабления ошибок вносимых внешней средой. После измерений данные базовой станции и мобильного комплекса объединяются в единый проект в программе обработки полевых наблюдений (например LGO), где происходит их совместное уравнивание и «на выходе» получаются уже истинные координаты. Кроме того, в программе LGO присутствует возможность совместного уравнивания данных различными методами, в зависимости от поставленных задач. Полученные результаты можно визуализировать в виде графиков, профилей или поверхностей, «положить» их на карту или снимок исследуемой территории. При наличии сети Интернет любой студент удаленно может получить информацию базовой станции для уравнивания полевых «сырых» измере-

ний. После процедуры уравнивания данные можно экспортировать в большинство ГИС-пакетов.

Так, например, в процессе апробации нового оборудования на полигоне, перед студентами были поставлены задачи, которые они должны были решить используя мобильный комплекс и данные референц-станции. На создание ПВО участка исследования оптическим теодолитом, студенты, как правило, тратят 1.5 дня, им же было предложено выполнить работу традиционным способом, а затем современным, используя описанную выше технологию. В результате, время подготовки ПВО существенно сократилось и составило около 4 часов, а студенты приобрели не только навыки работы с оборудованием ГНСС, но и поняли основы методики проведения современных геодезических измерений в рамках географических исследований.

Летом того же года перед другими студентами была поставлена задача проверить гипотезу заполнения одного из участков поймы реки Протвы водами весеннего паводка. Гипотеза заключалась в следующем: вода затопливает этот участок, поднимаясь по руслу ручья впадающего в реку затопляет пойму, а прирусловой вал ярко выраженный на местности является некой дамбой, сдерживающий основной поток реки до его слияния с «зеркалом» воды на участке затопления, или же затопление участка поймы происходит равномерно.

Для решения этой задачи необходимо было получить высотные характеристики площади участка затопления с координатной привязкой, включая прирусловой вал. В практической реализации необходимо было пройти по участку, используя мобильный комплекс ГНСС, придерживаясь галсов покрывающих участок исследований и соблюдая расстояние

между точками измерений, сгущая точки измерений по всей длине прируслового вала, т.е. аналог площадного нивелирования. В течение дня студенты набрали необходимое количество пикетов, и после их уравнивания относительно базовой референц-станции, получили некую координатную сетку, в узлах которой имелись высотные характеристики. Далее в ГИС-пакете была рассчитана цифровая модель рельефа (ЦМР) и на ее основе построены различные производные модели, схемы, профили (рис. 8) на участок затопления, которые и дали решение поставленной задачи.

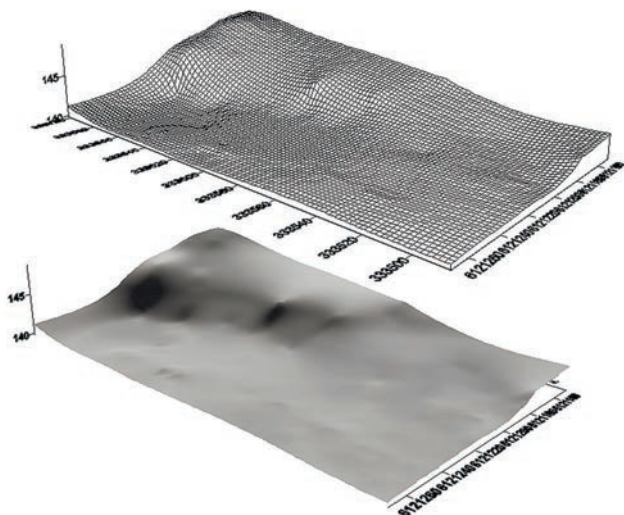


Рис. 8. Цифровая модель рельефа участка затопления

Наибольшей популярностью на кафедре пользуется программный комплекс «ArcGIS», с разработчиком которого, компанией ESRI, существует договорённость на поставку и использование данного программного пакета. В среде «ArcGIS» данные можно использовать для пространственной привязки каких-либо других данных, например, космических снимков, использовать для дальнейшего составления карт и планов. На основе созданных карт можно создать множество других дополнительных производных геоизображений, например, карт углов наклона, экспозиции склонов, их крутизны, освещённости. Их также можно использовать при расчёте зон видимости и в других задачах моделирования. Всё это позволяет решать многие научные и практические задачи. Основы решения таких задач студенты получают

уже на практике после I курса, а завершают после окончания учёбы на факультете. Кафедрой для всех студентов потока читаются соответствующие курсы «Геоинформатика», «Аэрокосмические методы», где студенты, выполняя различные практические задания на основе данных на знакомую им территорию Сатино, осваивают программу «ArcGIS» и учатся решать различные практические задачи. Заметим, что основа всего дальнейшего обучения закладывается именно на I курсе, что немаловажно в современном образовании. Студенты сразу имеют представления о новых современных методах решения различных географических задач, составления карт и планов.

В этот же период времени, кафедра океанологии факультета под руководством члена-корреспондента РАН, профессора С.А. Добролюбова, приобрела аналогичный комплект оборудования. Базовая референц-станция будет установлена на берегу Черного моря (Геленджик), где находится Южное отделение Института океанологии РАН. Приемники будут использоваться для изучения различных природных процессов, таких как: волновые процессы, приливы, колебания уровня морей и океанов, морские течения, взаимодействие океана и атмосферы. Ежегодно группа студентов проводит на берегах Голубой бухты свою учебную практику, а наличие высокоточных мобильных комплексов в рамках спутниковой океанологии позволит им получать качественные измерения в своих исследованиях, навыки работы с которыми они получили на Сатинском полигоне.

В стадии завершения находится проект по установке базовой референц-станции на здании метеорологической обсерватории, расположенной на территории МГУ. Цель проекта — расширение сети базовых станций для получения однозначного решения различных прикладных географических задач.

Выводы. Внедрение современных технологий в образовательный процесс является чрезвычайно важной и ответственной задачей. Студенты, получая навыки работы с соответствующим оборудованием способны применять их в своей профессиональной деятельности для развития и совершенствования, как Российской науки, так и успешного разрешения коммерческих проектов в России и за рубежом.

**Рецензент: кандидат географических наук,
доцент Л.А. Ушакова**

Литература:

1. Общегеографическая практика в Подмосковье/Под ред. Г.И. Рычагова, М.: Издательство Географического факультета, 2007 г.
2. Аляутдинов А.Р. Проектирование и использование локальной инфраструктуры пространственных данных [Электронный ресурс]/А.Р. Аляутдинов, И.К. Лурье, С.А. Осокин//Режим доступа: [www.gisa.ru/38332.html; www.dataplus.ru/ARCREV/Number_46/21_Local.html]
3. Сучилин А.А. Применение оборудования ГНСС на УНБ «Сатино» географического факультета МГУ/А.А. Сучилин, А.С. Репина, Д.С. Барышников, О.Д. Васильев//Геопрофи, 2013. — № 3.
4. Панин А. Загадки Пор-Бажына/А. Панин, И. Аржанцева//Живописная Россия, 2010. — № 6.